

Таблица 2 – Результаты исследований по цеху дисковых диаграмм и по фабрике

№ п/п	Показатели	Значение показателей	
		по цеху дисковых диаграмм	по фабрике в целом
1	\bar{A} , тыс. м ²	48,71	766,58
2	\bar{W} , кВт·ч/ тыс. м ²	9,02	9,29
3	σ_A , тыс. м ²	8,82	56,5
4	σ_w , кВт·ч/ тыс. м ²	2,21	1,4
5	r	-0,773	-0,745
6	η	0,806	0,751
7	W , кВт·ч/ тыс. м ²	0,416+404/A	2,03+5458/A
8	$\sigma_{\%}$	1,7	1,6

Выводы

1. Для данной отрасли промышленности доказаны наличие и реальность существования корреляционной связи между общим и удельным расходом электроэнергии и выпуском продукции.

2. Выведенные связи $W = f(A)$ и $w = f(A)$ с погрешностью не превышающей 1,8%, могут быть положены в основу практических расчетов по нормированию общего и удельного электропотребления.

3. Объединяя вывод показателей статистической связи, уравнений связи и их погрешностей, получаем полностью автоматизированный метод исследования и вывода энергетических характеристик.

1.Казанцев Ю.И. Основная энергетическая характеристика промышленных предприятий с массовым выпуском однородной продукции // Изв. СО АН СССР. Серия технических наук. Вып.1. – 1970. – №3.

2.Казанцев Ю.И., Котыш А.И. Энергетические характеристики предприятий сельскохозяйственного машиностроения как стохастические связи // Констрування, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Наук.-техн. зб. Вип. 32. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – С.71-75.

3.Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973.

Получено 04.02.2003

УДК 621.3

В.М.КОВАЛЬОВ, канд. техн. наук

Харківська державна академія міського господарства

КОЕФІЦІЄНТ ПОТУЖНОСТІ ТИРИСТОРНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Наводяться експериментальні залежності коефіцієнта потужності тиристорного електроприводу від кута керування тиристорами і пульсності випрямляча на основі рівняння енергетичного балансу.

Проблема енергозбереження при перетворенні електроенергії в

механічну роботу завжди є актуальною.

Тиристорні електроприводи (ТЕП) постійного струму за приблизними підрахунками споживають близько 5% виробленої електроенергії і їх частка в загальному обсязі перетворення електроенергії постійно зростає. Враховуючи те, що, з одного боку, збільшується кількість ТЕП, а з другого – зростає вартість електроенергії в собівартості продукції, необхідним є визначення шляхів підвищення їх енергетичної ефективності. Одним з таких шляхів є підвищення коефіцієнта K_{Π} потужності ТЕП, тому що ККД ТЕП в основному формується двигуном постійного струму і можливості його підвищення обмежені. Підвищення K_{Π} можливе за рахунок компенсації реактивної потужності ТЕП батареями конденсаторів, але для цього треба знати величину реактивної потужності ТЕП і, отже, коефіцієнт його потужності. Визначення K_{Π} для конкретного ТЕП має певні труднощі.

Аналіз публікацій. Згідно з [1] для електроприймача з активно-індуктивним характером, що живиться з мережі через тиристорний випрямляч, K_{Π} визначається за формулою

$$K_{\Pi} = \frac{P}{S} = K_c \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right), \quad (1)$$

де P, S – активна і повна потужність електроприймача; K_c – коефіцієнт спотворень, $K_c = \frac{I_1}{\sqrt{I_1^2 + \sum_{v=2}^n I_v^2}}$; I_1, I_v – діючі значення першої і

вищих гармонік струму; α – кут керування тиристорами; γ – кут комутації, тобто проміжок часу, протягом якого один тиристор вимикається, а інший вмикається. Останній визначається за формулою при допущенні, що індуктивність кола якоря дорівнює нескінченності [2]:

$$\gamma = \arccos\left(1 - \frac{x_a I_0}{E_{2m}}\right), \quad (2)$$

де x_a – індуктивний опір розсіювання мережного трансформатора; I_0 – постійна складова струму якоря; E_{2m} – амплітуда мережної напруги.

Для визначення K_{Π} конкретного електроприймача, а саме тиристорного електроприводу постійного струму (ТЕП) формула (1) не мо-

же бути використана, тому що не враховує пульсність випрямляча та індуктивність кола якоря. Звідси випливає *постановка завдання і мета цієї статті*, а саме: визначення методики розрахунку K_{Π} для ТЕП залежно від пульсності випрямляча і кута керування тиристорами.

Вирішення завдання. Методику для визначення K_{Π} необхідно шукати через рівняння енергетичного балансу ТЕП, у тому числі з використанням експериментальних досліджень з подальшою їх обробкою, придатною для практичних розрахунків реальних тиристорних електроприводів.

На основі методу гармонічного аналізу запишемо діючі значення напруги $U_{\text{я}}$ і струму $I_{\text{я}}$ для кола якоря:

$$U_{\text{я}} = \sqrt{U_0^2 + \sum_{v=1}^n U_v^2}; \quad I_{\text{я}} = \sqrt{I_0^2 + \sum_{v=1}^n I_v^2}; \quad (3)$$

де $U_0, I_0, \sum U_v, \sum I_v$ – постійні складові і сума діючих значень гармонічних складових напруги і струму якоря.

Складемо схему заміщення ТЕП, показану на рис.1, що враховує опори обмоток якоря $R_{\text{я}}$, дроселя $R_{\text{др}}$, випрямляча $R_{\text{тп}}$. Запишемо рівняння електричної рівноваги для кола якоря для діючих значень напруги і струму. При цьому врахуємо те, що постійна складова струму не створює спаду напруги на індуктивному опорі кола якоря. Тоді одержимо

$$\sqrt{U_0^2 + \sum_{v=1}^n U_v^2} = R_{\text{як}} \sqrt{I_0^2 + \sum_{v=1}^n I_v^2} + C\Phi\omega_{\text{я}} + \sum_{v=1}^n (x_v I_v). \quad (4)$$

Тут $R_{\text{як}}$ – активний опір кола якоря, $R_{\text{як}} = R_{\text{я}} + R_{\text{др}} + R_{\text{тп}}$; $C\Phi$ – конструктивна стала двигуна; $\omega_{\text{я}}$ – кутова швидкість якоря; x_v – індуктивний опір кола якоря для відповідних гармонік струму, $x_v = v\omega_m L_{\text{як}}$; v – порядковий номер гармонік; m – кратність пульсацій (пульсність) випрямляча як кількість пульсацій випрямленої напруги за період мережної напруги; ω_m – колова частота мережної напруги; $L_{\text{як}}$ – індуктивність кола якоря, $L_{\text{як}} = L_{\text{я}} + L_{\text{др}}$.

Визначимо рівняння балансу потужностей ТЕП з урахуванням особливостей перетворення електроенергії в двигуні. Для цього помножимо рівняння (4) на діюче значення струму якоря згідно (3) і з

урахуванням відповідних перетворень одержимо

$$U_{\text{я}} R_{\text{я}} = R_{\text{як}} (I_0^2 + \sum_{v=1}^n I_v^2) + M\omega_{\text{я}} + \sum_{v=1}^n (x_v I_v^2). \quad (5)$$

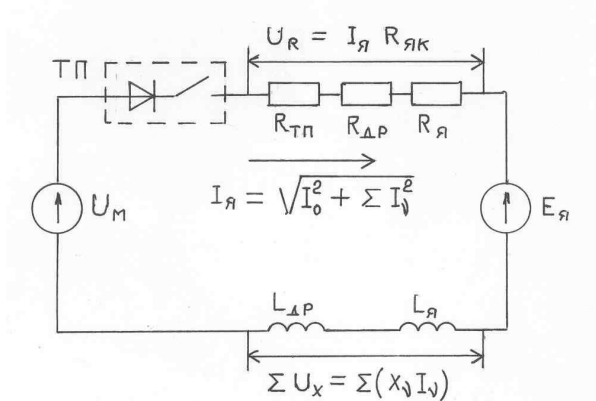


Рис.1

Ліва частина рівняння (5) є повна потужність S , що споживає ТЕП з мережі. Перший член правої частини є потужність електроенергії, що перетворюється в тепло в активних опорах ТЕП. Звідси також випливає, що гармоніки струму нагрівають двигун додатково до нагрівання від постійної складової. Другий член правої частини рівняння (5) є механічна потужність на валу двигуна. Вона отримана з урахуванням того, що гармонічні складові струму якоря не створюють крутного моменту на валу і, отже не перетворюються в механічну роботу. Тоді при множенні рівняння (4) на діюче значення струму якоря $I_{\text{я}}$

можна прийняти, що вираз $C\Phi \sum_{v=1}^n I_v$ дорівнює нулю. Третій член

правої частини рівняння (5) є сума реактивних потужностей $\sum_{v=1}^n Q_v$,

створених гармонічними складовими струму якоря. При цьому враховано, що постійна складова струму якоря не створює реактивної потужності на індуктивних опорах ТЕП. Тоді при множенні рівняння (4) на діюче значення струму $I_{\text{я}}$ якоря можна прийняти, що вираз

$I_0 \sum_{v=1}^n (x_v I_v)$ дорівнює нулю.

Таким чином, сума перших двох членів правої частини рівняння (5) являє собою активну потужність ТЕП, бо перетворюється в механічну і теплову роботу, а третій член – реактивна потужність, не перетворюючись у роботу, циркулює між електроприводом і мережею, створюючи на її елементах – лініях і трансформаторах – втрати електроенергії.

Тоді коефіцієнт потужності ТЕП визначається як відношення перших двох членів рівняння (5) до його лівої частини, тобто повної потужності, що споживається тиристорним електроприводом постійного струму з мережі:

$$K_{\Pi} = \frac{M \cdot \omega_{\text{я}} + R_{\text{як}} \cdot I_{\text{я}}^2}{U_{\text{я}} I_{\text{я}}} \quad (6)$$

Згідно з формулою (6) були проведені експериментальні дослідження коефіцієнта потужності тиристорного електропривода, що має шестипульсну $m=6$ схему випрямляча і дозволяє реалізувати $m=1,2,3$. Крутий момент двигуна вимірювали за допомогою балансірної машини постійного струму, кут повороту якої пропорційний моменту. Швидкість встановлювали цифровим тахометром. Діючі значення напруги і струму вимірювали приладами електромагнітної системи, їх постійні складові – приладами

магнітоелектричної системи [3]. Додатково активну потужність вимірювали ватметром. Результати експериментальних досліджень отримані у формі графіків залежності коефіцієнта потужності ТЕП від пульсності випрямляча і кута керування тиристорами представлені на рис.2. Останні дозволяють визначити реактивну потужність за формулою $Q = S(1 - K_{\Pi})$, що споживає ТЕП і, отже, потужність компенсуючих конденсаторів.

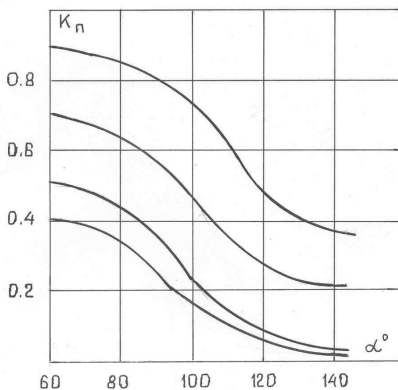


Рис.2

Висновки

1. Отримано рівняння енергетичного балансу тиристорного електроприводу постійного струму з урахуванням реактивної складової його повної потужності.

2. Одержано експериментальні залежності коефіцієнта потужності ТЕП з урахуванням пульсності випрямляча і кута керування тиристорами, що дозволяють розрахувати потужність компенсуючих конденсаторів і підвищити коефіцієнт потужності ТЕП. При цьому зменшуються втрати електроенергії в елементах електромереж, що сприяє поступовому вирішенню проблеми енергозбереження.

1.Справочник по преобразовательной технике / Под ред. И.М.Чиженко. – К.: Техніка, 1978.

2.Чиженко И.М., Руденко В.С., Сенько В.И. Основы преобразовательной техники. – М.: Высш. шк., 1974.

3.Минин Г.П. Несинусоидальные токи и их измерение. – М.: Энергия, 1979.

Отримано 14.02.2003

УДК 621.316

В.И.ЙОЩЕНКО, В.Ф.РОЙ, д-р физ.-матем. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

**АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Рассматриваются системы учета электроэнергии на базе индукционных и электронных счетчиков электроэнергии, проведен анализ элементов этих систем, вносящих наибольшую погрешность в результаты измерений энергопотребления.

Одним из важнейших условий нормального функционирования и развития городов является надежное электроснабжение. Для обеспечения высокой надежности, а также уменьшения потерь при передаче электроэнергии нужно осуществлять постоянный контроль и точный учет энергопотребления.

Городские электрические сети являются сложнзамкнутыми, для расчета режимов их работы с целью минимизации потерь необходима своевременная и достоверная информация о нагрузках каждого узла.

Целью настоящей работы является анализ существующих соотношений для определения погрешности измерительных каналов систем учета энергопотребления. Для сбора информации об энергопотреблении крупных, распределенных в пространстве потребителей до недавнего времени использовали и продолжают использовать в настоящее время системы учета, основанные на применении индукцион-